

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10263817 A**

(43) Date of publication of application: **06.10.98**

(51) Int. Cl

**B23K 9/095**

**B23K 9/14**

**B23K 9/23**

**B23K 35/30**

**C22C 38/00**

**C22C 38/54**

(21) Application number: **09071521**

(22) Date of filing: **25.03.97**

(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP**

(72) Inventor: **OI KENJI  
KAWABATA FUMIMARU  
AMANO KENICHI**

(54) **MANUFACTURE OF HIGH STRENGTH WELDED JOINT HAVING EXCELLENT CRACK RESISTANCE**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method capable of manufacturing the high strength welded joint sufficiently exceeding the strength required for the welded joint and having the tensile strength of 3950 MPa without generating cracks in the deposited metal even by pre-heating in lower temperature zone than the conventional one.

**SOLUTION:** The butt multi-layer welding by a shielded metal arc welding method using the welding consumable electrode containing, by wt., 0.07% C, 3.0-4.0% Ni,

0.030-0.050% O and 0.6-0.9% carbon equivalent in the chemical composition of the deposited metal is applied to the steel having hardness of 310-360 HV and composing of, by wt., 0.07-0.16% C, 20.20% Si, 0.60-1.20% Mn, 20.5% Cu, 1.0-3.0% Ni, 0.30-1.20% Cr, 0.30-0.80% Mo, 0.01-0.1% V, 0.005-0.03% Nb, 0.015-0.10% Al, 0.0005-0.0020% B, 20.010% P, 20.005% S, 20.005% N, and substantially the balance Fe, under the condition of 315 KJ/cm to 235 KJ/cm in inputting quantity of heat, 375°C to <120°C in pre-heating temperature and 3100°C to 2250°C in temperature between paths, whereby the joined part is formed with the deposited metal of 290-340 HV in hardness.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3220406号

(P3220406)

(45)発行日 平成13年10月22日 (2001.10.22)

(24)登録日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> |       | 識別記号  | F I     |       |
|--------------------------|-------|-------|---------|-------|
| B 2 3 K                  | 9/095 | 5 0 1 | B 2 3 K | 9/095 |
|                          | 9/14  |       |         | 9/14  |
|                          | 9/23  |       |         | 9/23  |
|                          | 35/30 | 3 3 0 |         | 35/30 |
| C 2 2 C                  | 38/00 | 3 0 1 | C 2 2 C | 38/00 |

請求項の数4(全9頁) 最終頁に続く

|          |                       |          |  |
|----------|-----------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願平9-71521            | (73)特許権者 | 000001258<br>川崎製鉄株式会社<br>兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番<br>28号 |
| (22)出願日  | 平成9年3月25日(1997.3.25)  | (72)発明者  | 大井 健次<br>岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし)<br>川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内   |
| (65)公開番号 | 特開平10-263817          | (72)発明者  | 川端 文丸<br>岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし)<br>川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内   |
| (43)公開日  | 平成10年10月6日(1998.10.6) | (72)発明者  | 天野 虔一<br>岡山県倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし)<br>川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内   |
| 審査請求日    | 平成12年9月26日(2000.9.26) | (74)代理人  | 100059258<br>弁理士 杉村 晓秀 (外3名)                       |
|          |                       | 審査官      | 神崎 孝之  |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】耐割れ性に優れた高強度溶接継手の作製方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 C : 0.07~0.16wt%, Si : 0.20wt%以下  
下, Mn:0.60~1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0 ~3.0  
wt%, Cr:0.30~1.20wt%, Mo:0.30 ~0.80wt%, V : 0.  
01~0.1 wt%, Nb:0.005~0.03wt%, Al:0.015 ~0.10wt  
%, B : 0.0005~0.0020wt%, P : 0.010wt%以下, S :  
0.005 wt%以下およびN : 0.005 wt%以下を含み残部が  
実質的にFeからなる、硬さが310 ~360 HVの鋼材に、溶  
着金属の化学組成がC : 0.07wt%以下, Ni : 3.0 ~4.0  
wt%およびO:0.030~ 0.050wt%を含みかつ下記式で定  
義されるCeq が0.6 ~0.9 wt%となる溶接材料を用い  
た、被覆アーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接  
を、入熱量:15kJ/cm以上35kJ/cm以下、予熱温度:75  
℃以上120 ℃未満およびバス間温度:100 ℃以上250℃  
以下の条件にて施し、硬さが290 ~340HV の溶着金属で

2

接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方  
法。

記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項2】 C : 0.07~0.16wt%, Si : 0.20wt%以  
下, Mn:0.60~1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0 ~3.0  
wt%, Cr:0.30~1.20wt%, Mo:0.30 ~0.80wt%, V : 0.  
01~0.1 wt%, Nb:0.005~0.03wt%, Al:0.015 ~0.10wt  
%, B : 0.0005~0.0020wt%, P : 0.010wt%以下, S :  
0.005 wt%以下およびN : 0.005 wt%以下を含み残部が  
実質的にFeからなる、硬さが310 ~360 HVの鋼材に、溶  
着金属の化学組成がC : 0.07wt%以下, Ni : 3.0 ~4.0  
wt%およびO:0.020~ 0.040wt%を含みかつ下記式で定  
義されるCeq が0.8 ~1.2 wt%となる溶接材料を用い

た、ミグ溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量：15kJ/cm以上30kJ/cm以下、予熱温度：75℃以上120℃未満およびパス間温度：100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290～340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法。

記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項3】 C : 0.07～0.16wt%, Si : 0.20wt%以下, Mn:0.60～1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0～3.0 wt%, Cr:0.30～1.20wt%, Mo:0.30～0.80wt%, V : 0.01～0.1 wt%, Nb:0.005～0.03wt%, Al:0.015～0.10wt%, B : 0.0005～0.0020wt%, P:0.010wt%以下, S : 0.005 wt%以下およびN : 0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310～360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC : 0.07wt%以下, Ni : 3.0～4.0 wt%およびO:0.015～0.035wt%を含みかつ下記式で定義されるCeq が0.9～1.2 wt%となる溶接材料を用いた、サブマージアーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量：25kJ/cm以上55kJ/cm以下、予熱温度：75℃以上120℃未満およびパス間温度：150℃以上300℃以下の条件にて施し、硬さが290～340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法。

記

$$Ceq = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

【請求項4】 請求項1、2および3において、予熱温度が75℃以上100℃以下である溶接継手の作製方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、耐割れ性に優れた高強度溶接継手の作製方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 近年、揚水発電所を始めとして、圧力容器、橋梁または海洋構造物などの溶接構造物において大型化がより一層促進されている。一方、構造物の大型化に伴う重量の増加に対しては、構造材として高張力鋼板を使用して、その軽量化が図られている。すなわち、高張力鋼板を使用することによって構造物の軽量化が実現する上、軽量化による運搬効率の向上、さらには各構造材の薄肉化による溶接施工性の向上等の効果も得られる。

【0.003】 しかし、この種の高張力鋼板は、所定の強度および靭性を得るのに多くの合金成分が含有されているため、溶接性は不十分である。とくに980MPa級になると溶接性の低下が顕著であり、溶接に先立って120℃以上の予熱を行って溶着金属の割れを防止することが不可欠である。この予熱温度が比較的高温になるところから、溶接施工コストの増加をまねくことが問題になって

いる。

【0004】 ここに、溶着金属の耐割れ性を改善させるには、低強度の溶接材料を用いて溶接を行うことが有効であるが、この場合、溶接継手部が軟質になるため、継手の板幅方向長さを板厚の5倍以上にしなければ、継手に必要とする強度を確保できないことが知られている。従って、板幅方向長さが板厚の5倍未満の継手では、例えば950MPa級の鋼板を溶接した場合に、その継手部に要求される、950MPa以上の強度は得られることになり、実際的手法ではない。なお、継手強度が満足されるように、鋼材強度より溶着金属強度を高くするために、溶着金属を高合金組成にしたり、溶接条件（入熱およびパス間温度）を制限する、施工方法を用いた場合にも、溶着金属の割れ防止のために、120℃以上の予熱が必要になり、溶接施工コストの上昇が問題となる。

【0005】 いずれにしても、高強度の溶接継手を、溶着金属に割れが発生しないように作製するには、120℃以上の高温予熱を行うことが必須であり、コストの増加は避けることができなかった。そこで、この発明は、溶接継手に必要とされる強度を十分に上回る、引張り強さが950MPa以上の高強度溶接継手を、従来対比で低い温度域の予熱によても溶着金属に割れが発生することなしに作製し得る方法について、提案することを目的とする。

##### 【0006】

【課題を解決するための手段】 発明者らは、比較的低温、すわわち120℃未満、好ましくは100℃以下の予熱工程によっても溶着金属に割れを発生することなく、高強度の溶接継手を作製する条件について鋭意研究を重ねたところ、所望の強度、さらには靭性を備えた溶接材料および母材を適切に組み合わせるとともに、溶接条件を適正化することによって、継手強度を満足し、かつ溶接部の低温割れ感受性が改善されることを見出した。すなわち、溶着金属の強度、靭性および耐割れ性は、溶着金属の硬さを所定範囲に規制することで満足され、また溶着金属が軟質であっても、該溶着金属を所定硬さの鋼材で拘束することによって、継手強度は確保されることを、新たに知見し、この発明を完成するに至った。

【0007】 この発明は、C : 0.07～0.16wt%, Si : 0.20wt%以下, Mn:0.60～1.20wt%, Cu:0.5 wt%以下, Ni:1.0～3.0 wt%, Cr:0.30～1.20wt%, Mo:0.30～0.80wt%, V : 0.01～0.1 wt%, Nb:0.005～0.03wt%, Al:0.015～0.10wt%, B : 0.0005～0.0020wt%, P:0.010wt%以下, S : 0.005 wt%以下およびN : 0.005 wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310～360 HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC : 0.07wt%以下, Ni : 3.0～4.0 wt%およびO:0.030～0.050wt%を含みかつ下記式(1)で定義されるCeq が0.6～0.9 wt%となる溶接材料を用いた、被覆アーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量：15kJ/cm以上35kJ/cm以下、

予熱温度：75℃以上120℃未満およびバス間温度：100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290～340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継\*

$$C_{eq} = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15 \quad (1)$$

【0008】また、この発明は、C:0.07～0.16wt%，Si:0.20wt%以下,Mn:0.60～1.20wt%,Cu:0.5wt%以下,Ni:1.0～3.0wt%,Cr:0.30～1.20wt%,Mo:0.30～0.80wt%,V:0.01～0.1wt%,Nb:0.005～0.03wt%,Al:0.015～0.10wt%,B:0.0005～0.0020wt%,P:0.010wt%以下,S:0.005wt%以下およびN:0.005wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310～360HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下,Ni:3.0～4.0wt%およびO:0.020～0.040wt%を含みかつ上記式(1)で定義されるC<sub>eq</sub>が0.8～1.2wt%となる溶接材料を用いた、ミグ溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量：15kJ/cm以上30kJ/cm以下、予熱温度：75℃以上120℃未満およびバス間温度：100℃以上250℃以下の条件にて施し、硬さが290～340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法である。

【0009】さらに、この発明は、C:0.07～0.16wt%，Si:0.20wt%以下,Mn:0.60～1.20wt%,Cu:0.5wt%以下,Ni:1.0～3.0wt%,Cr:0.30～1.20wt%,Mo:0.30～0.80wt%,V:0.01～0.1wt%,Nb:0.005～0.03wt%,Al:0.015～0.10wt%,B:0.0005～0.0020wt%,P:0.010wt%以下,S:0.005wt%以下およびN:0.005wt%以下を含み残部が実質的にFeからなる、硬さが310～360HVの鋼材に、溶着金属の化学組成がC:0.07wt%以下,Ni:3.0～4.0wt%およびO:0.015～0.035wt%を含みかつ上記式(1)で定義されるC<sub>eq</sub>が0.9～1.2wt%となる溶接材料を用いた、サブマージアーク溶接法による突き合わせの多層盛り溶接を、入熱量：25kJ/cm以上55kJ/cm以下、予熱温度：75℃以上120℃未満およびバス間温度：150℃以上300℃以下の条件にて施し、硬さが290～340HVの溶着金属で接合部を形成することを特徴とする溶接継手の作製方法である。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、この発明を具体的に説明する。まず、この発明において、鋼材の成分組成を上記の範囲に限定した理由について説明する。

C:0.07～0.16wt%

Cは、鋼板の強度確保のために必要な元素であるが、含有量が0.07wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方0.16wt%を超えると溶接低温割れ感受性が高くなる等の問題が生じるので、C量は0.07～0.16wt%の範囲に限定した。

#### 【0011】Si:0.20wt%以下

Siは、鋼の脱酸および強度確保のために有用な元素であるが、0.20wt%を超えて添加されると島状マルテンサイトの生成に起因して靭性とくに溶接継手部や溶接熱影響

\*手の作製方法である。

記

$$C_{eq} = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15 \quad (1)$$

部の靭性が劣化するので、Si量は0.20wt%以下に限定した。

#### 【0012】Mn:0.60～1.20wt%

Mnは、鋼の脱酸に寄与するだけでなく、焼入性を確保する上でも有用な元素であるが、含有量が0.60wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方1.20wt%を超えると溶接性および母材靭性の劣化を招くので、Mn量は0.60～1.20wt%の範囲に限定した。

#### 【0013】Cu:0.5wt%以下

Cuは、靭性の劣化なしに強度を高める有用元素であるが、0.5wt%を超えて添加してもその効果は飽和に達し、むしろコストの上昇を招くので、Cu量は0.5wt%以下に限定した。

#### 【0014】Ni:1.0～3.0wt%

Niは、焼入れ性のみならず低温靭性の改善に有効に寄与するが、含有量が1.0wt%未満では高張力鋼板として必要な強度・靭性を付与することができず、一方3.0wt%を超えて添加してもその効果は飽和に達し、むしろコストアップにつながるので、Ni量は1.0～3.0wt%の範囲に限定した。

#### 【0015】Cr:0.30～1.20wt%

Crは、鋼の焼入性と強度を確保する上で有用な元素であるが、含有量が0.30wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方1.20wt%を超えると溶接性のみならず母材特性の劣化を招くので、Cr量は0.30～1.20wt%の範囲に限定した。

#### 【0016】Mo:0.30～0.80wt%

Moは、焼入性の改善に寄与するだけでなく、焼戻し軟化抵抗性を高めて強度を向上させる有用元素であるが、含有量が0.30wt%未満ではその添加効果に乏しく、一方0.80wt%を超えると溶接性の著しい劣化を招くので、Mo量は0.03～0.80wt%の範囲に限定した。

#### 【0017】V:0.01～0.1wt%

Vは、鋼の強度向上に有効に寄与するが、含有量が0.01wt%に満たないとその添加効果に乏しく、一方0.1wt%を超えると母材靭性のみならず溶接性が著しく劣化するので、V量は0.01～0.1wt%の範囲に限定した。

#### 【0018】Nb:0.005～0.03wt%

Nbは、鋼中に微細に析出し、そのピン止め効果によってオーステナイト粒の成長を抑制し、ひいてはオーステナイト粒を細粒化する有用元素であるが、含有量が0.005wt%未満ではかような微細化効果が得られず、一方0.03wt%を超えると溶接性が損なわれる所以、Nb量は0.005～0.30wt%の範囲に限定した。

#### 【0019】Al:0.015～0.10wt%

Alは、脱酸剤として有用であり、そのためには少なくと

も 0.015wt%を必要とするが、含有量が0.10wt%を超えるとアルミナ等の脱酸生成物が増大しかえって靭性の劣化を招くので、Al量は 0.015~0.10wt%の範囲に限定した。

**【0020】B : 0.0005~0.0020wt%**

Bは、微量の添加で焼入性を向上させ、ひいては鋼の強度・靭性を向上させる極めて有用な成分であるが、含有量が0.0005wt%未満ではその添加効果に乏しく一方0.020wt%を超えるとその効果は飽和に達するので、B量は0.0005~0.0020wt%の範囲に限定した。

**【0021】P : 0.010 wt%以下**

Pは、鋼の焼戻し脆性を促進させ、靭性を劣化させるので、極力低減することが望ましいが、含有量が 0.010wt%以下であれば許容できるので、P量は 0.010wt%以下に限定した。

**【0022】S : 0.005 wt%以下**

Sは、鋼中にMnSの形態で存在すると、圧延によって延伸され、特に高強度鋼においては延伸した介在物に起因して靭性の著しい劣化を招くので、極力低減することが好ましいが、含有量が 0.005wt%以下であれば許容される。

**【0023】N : 0.005 wt%以下**

固溶B量を確保して焼入性を向上させ、母材の強度および靭性を向上させるためには、N含有量は少ない方が好ましく、特にNを0.005 wt%以下にすると共にAlを 0.015~0.10wt%に調整してやれば、固溶Bの焼入性向上効果によって効果的に母材の強度・靭性が向上するので、N量は0.005 wt%以下に限定した。

**【0024】**なお、鋼材は、調質型の高張力鋼に適用される製造方法である、直接焼き入れ焼き戻し法、再加熱焼き入れ焼き戻し法あるいは繰り返し焼き入れ焼き戻し法のいずれにおいても製造可能である。すなわち、上記の成分組成範囲に従う鋼スラブの熱間圧延材を常温まで冷却したのち焼き入れ焼き戻し処理を施すに当たり、焼き入れ温度あるいは焼き戻し温度を調整して、得られる鋼材の硬さ範囲を310~360HV にすることによって、優れた強度、靭性および耐割れ性が得られる。すなわち、硬さが310HV 未満の場合は強度不足となり所定の継手強度が得られない。また、360HV をこえる場合は、耐割れ性と靭性の確保が困難になるのである。

**【0025】**また、この発明では、溶着金属の化学組成が、被覆アーク溶接法による場合は、C : 0.07wt%以下、Ni : 3.0 ~4.0 wt%およびO:0.020~ 0.040wt%を含みかつ上記した式(1)で定義されるCeq が0.6 ~0.9 wt%となる溶接材料、ミグ溶接法による場合は、C : 0.07wt%以下、Ni : 3.0 ~4.0 wt%およびO:0.030~ 0.050wt%を含みかつ上記した式(1)で定義されるCeq が0.8 ~1.2 wt%となる溶接材料、そしてサブマージアーク溶接法による場合は、C : 0.07wt%以下、Ni : 3.0 ~4.0 wt%およびO:0.015~ 0.035wt%を含みかつ上記した

式(1)で定義されるCeq が0.9 ~1.2 wt%となる溶接材料、をそれぞれ用いる。次に、溶着金属の化学組成を限定した理由について説明する。

**【0026】C : 0.07wt%以下**

Cは、耐割れ性の観点から制限され、その含有量が0.07wt%をこえると、溶着金属の割れを回避するために、予熱温度を120 °C以上にしなければならないため、0.07wt%以下に制限する。

**【0027】Ni : 3.0 ~4.0 wt%**

10 Niは、溶着金属の割れ性および靭性を確保するために適正量が必要であり、3.0 wt%未満では靭性の確保が困難であり、一方4.0 wt%をこえると焼入れ性が極端に良くなって割れを誘発するため、Niの添加量は3.0 ~4.0 wt%に限定した。

**【0028】**

O:0.030~ 0.050wt% (被覆アーク溶接法)

O:0.020~ 0.040wt% (ミグ溶接法)

O:0.015~ 0.035wt% (サブマージアーク溶接法)

O量は靭性を確保するために制限する必要があり、上限をこえると所定の靭性が確保できなくなる。一方、下限未満では、溶着金属中の酸化物が減少し、それを核とした変態の組織制御が不能になり、組織微細化による靭性の確保が困難になる。

**【0029】**上記した式(1)で定義されるCeq を規制するのは、上記組成範囲を満足しながら、所定の強度および靭性を得るための焼入れ性を確保するためである。すなわち、下限未満では、十分な強度が得られず、一方、上限をこえると焼入れ性が高くなりすぎて良好な靭性が得られなくなる。

30 【0030】ここで、溶着金属の硬さは、290 ~340 HV とする必要がある。なぜなら、290HV未満では、継手強度を満足することができず、340 HVをこえると、溶着金属の靭性が満足されない。

**【0031】**次に、この発明において、溶接条件を上記の範囲に限定した理由について説明する。

予熱温度 : 75°C以上120 °C未満

予熱温度は、溶着金属の割れを防止するのに、従来は120 °C以上は必要であったが、この発明では、溶着金属の硬さを規定することによって120 °C未満に低下することができた。とりわけ、溶接の施工コストを低減するには、100°C以下、より好ましくは80°C以下にすることが、推奨される。一方、予熱温度が75°C未満になると、溶着金属に割れが発生し易くなるため、75°Cを下限とする。

**【0032】**バス間温度 : 100 °C以上250 °C以下

バス間温度は、溶着金属の硬さの範囲を決定する重要な条件の一つであり、上記範囲を逸脱して施工した場合、所要の特性を満足できない。すなわち、バス間温度が100 °C未満では、溶接後の冷却速度が大きくなつて硬さが目標範囲をこえてしまうため、割れが発生したり溶接金

属の靭性の確保が困難になる。一方、バス間温度が250℃をこえると、溶接後の冷却速度が遅くなり、継手強度の確保が困難になる。とりわけ予熱温度の上限を100

\*℃、より好ましくは85℃とすることが、溶接コスト削減の点で有利である。

## 【0033】

入熱量：15kJ/cm以上35kJ/cm以下（被覆アーク溶接法）

15kJ/cm以上30kJ/cm以下（ミグ溶接法）

25kJ/cm以上55kJ/cm以下（サブマージアーク溶接法）

入熱量は、バス間温度と同様に作用し、すなわち入熱量が上限値をこえると、溶接後の冷却速度が遅くなつて、継手強度の確保が困難になる。また、入熱量が下限値未満になると、溶接後の冷却速度が大きくなつて、硬さが目標の範囲をこえるため、割れが発生したり溶着金属の靭性を確保することが困難になる。

## 【0034】

※

## 【表1】

(wt%)

|   | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Al   | Cu   | Ni   | Cr   | Mo   | V     | Nb    | B      | N      |
|---|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| a | 0.07 | 0.19 | 1.20 | 0.005 | 0.002 | 0.06 | 0.50 | 2.53 | 0.50 | 0.75 | 0.030 | 0.028 | 0.0019 | 0.0035 |
| b | 0.10 | 0.08 | 0.85 | 0.008 | 0.001 | 0.07 | 0.25 | 3.00 | 0.75 | 0.55 | 0.088 | 0.013 | 0.0007 | 0.0033 |
| c | 0.11 | 0.10 | 0.90 | 0.005 | 0.002 | 0.05 | 0.10 | 2.05 | 1.20 | 0.30 | 0.011 | 0.007 | 0.0010 | 0.0040 |
| d | 0.15 | 0.15 | 0.75 | 0.005 | 0.001 | 0.07 | 0.35 | 1.51 | 0.44 | 0.60 | 0.045 | 0.018 | 0.0014 | 0.0026 |
| e | 0.13 | 0.11 | 0.69 | 0.003 | 0.002 | 0.05 | 0.26 | 1.02 | 0.45 | 0.52 | 0.050 | 0.010 | 0.0012 | 0.0032 |

## 【0036】

## 【表2】

| 記号 | 供試鋼 | 加熱温度(℃) | 980-940℃での圧下量(%) | 圧延仕上げ温度(℃) | 圧延後の冷却 | 1回目の焼入れ温度(℃) | 2回目の焼入れ温度(℃) | 3回目の焼入れ温度(℃) | 焼もどし温度(℃) | 焼もどし後の冷却 | ビッカース硬さ(HV) | TS(MPa) | vE-60℃(J) | 備考  |
|----|-----|---------|------------------|------------|--------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|-------------|---------|-----------|-----|
| A  | a   | 1150    | 24               | 945        | 空冷     | 930          | 900          | -            | 600       | 空冷       | 312         | 970     | 190       | 発明例 |
| B  | b   | 1200    | 22               | 950        | 水冷     | -            | -            | -            | 590       | 水冷       | 358         | 1000    | 220       |     |
| C  | c   | 1100    | 35               | 955        | 空冷     | 950          | 930          | 900          | 600       | 水冷       | 321         | 985     | 240       |     |
| D  | d   | 1150    | 20               | 955        | 空冷     | 930          | -            | -            | 590       | 空冷       | 318         | 975     | 185       |     |
| E  | e   | 1150    | 33               | 965        | 水冷     | 880          | -            | -            | 600       | 水冷       | 340         | 990     | 230       |     |
| F  | a   | 1150    | 25               | 950        | 水冷     | 900          | -            | -            | 560       | 水冷       | 365         | 1065    | 56        |     |
| G  | b   | 1150    | 28               | 950        | 空冷     | 930          | 900          | 870          | 610       | 水冷       | 305         | 945     | 190       | 比較例 |

【0037】得られた各鋼板の中で硬さが310～360HVの範囲を満足したものについて、表3、4、5に示す溶接条件にて突き合わせの多層盛り溶接を行つて継手を作製し、JIS Z 3121に準拠した引張試験によって継手強度を評価し、さらに耐割れ性の評価を、被覆アーク溶接法およびミグ溶接法については30℃で80%雰囲気下でJIS Z 3158に準じたY形溶接割れ試験を、サブマージアーク

溶接法についてはWES3005に準じた多層盛り溶接割れ試験を、それぞれ行って評価した。さらにまた、溶接後の継手断面を観察することによって溶接施工時の割れについても評価した。その評価結果を、表3、4、5に併記する。

## 【0038】

## 【表3】

| 番号   | 鋼板記号 | *溶接方法 | C(%) | Ni(%) | O(%) | Ceq(%) | 予熱温度(°C) | バス間温度(°C) | 入熱量(kJ/cm) | 溶着金属層の硬さ(HV) -15°C(J) | 接着金属の韌性V <sub>E</sub> (J) | 継手強度(MPa) | 施工時割れの有無 | * *割れ性評価 | * *割れ性評価 |
|------|------|-------|------|-------|------|--------|----------|-----------|------------|-----------------------|---------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 A  | SMAW | 0.07  | 3.2  | 0.035 | 0.62 | 90     | 125      | 15.2      | 338        | 85                    | 985                       | 無         | ○        |          |          |
| 2 B  | "    | 0.05  | 3.1  | 0.038 | 0.65 | 75     | 150      | 18.5      | 320        | 90                    | 968                       | 無         | ○        |          |          |
| 3 C  | "    | 0.07  | 3.5  | 0.040 | 0.77 | 115    | 200      | 25.5      | 283        | 105                   | 970                       | 無         | ○        |          |          |
| 4 D  | "    | 0.04  | 3.9  | 0.044 | 0.87 | 80     | 150      | 34.5      | 291        | 110                   | 956                       | 無         | ○        |          |          |
| 5 E  | "    | 0.06  | 3.0  | 0.037 | 0.61 | 110    | 225      | 30.2      | 315        | 95                    | 955                       | 無         | ○        |          |          |
| 6 F  | "    | 0.05  | 4.0  | 0.032 | 0.80 | 75     | 250      | 17.3      | 332        | 81                    | 980                       | 有         | ×        |          |          |
| 7 G  | "    | 0.05  | 3.2  | 0.048 | 0.75 | 100    | 230      | 22.4      | 315        | 93                    | 930                       | 無         | ○        |          |          |
| 8 A  | "    | 0.08  | 3.4  | 0.038 | 0.62 | 85     | 150      | 15.2      | 335        | 99                    | 960                       | 有         | ×        |          |          |
| 9 B  | "    | 0.05  | 2.5  | 0.040 | 0.65 | 90     | 200      | 18.5      | 325        | 25                    | 965                       | 無         | ○        |          |          |
| 10 C | "    | 0.05  | 4.8  | 0.044 | 0.77 | 115    | 150      | 25.5      | 321        | 88                    | 955                       | 有         | ×        |          |          |
| 11 D | "    | 0.06  | 3.3  | 0.028 | 0.77 | 110    | 150      | 15.2      | 290        | 35                    | 950                       | 無         | ○        |          |          |
| 12 E | "    | 0.06  | 3.5  | 0.055 | 0.77 | 100    | 200      | 18.5      | 295        | 22                    | 961                       | 無         | ○        |          |          |
| 13 A | "    | 0.06  | 3.5  | 0.038 | 0.58 | 75     | 150      | 25.5      | 270        | 75                    | 935                       | 無         | ○        |          |          |
| 14 B | "    | 0.06  | 3.5  | 0.040 | 0.94 | 80     | 150      | 15.2      | 300        | 15                    | 966                       | 無         | ○        |          |          |
| 15 C | "    | 0.04  | 3.6  | 0.044 | 0.62 | 85     | 70       | 18.5      | 355        | 40                    | 955                       | 有         | ○        |          |          |
| 16 D | "    | 0.04  | 3.4  | 0.038 | 0.65 | 100    | 265      | 25.5      | 265        | 50                    | 940                       | 無         | ○        |          |          |
| 17 E | "    | 0.04  | 3.2  | 0.040 | 0.77 | 95     | 200      | 10.2      | 360        | 26                    | 952                       | 有         | ○        |          |          |
| 18 A | "    | 0.04  | 3.8  | 0.044 | 0.77 | 115    | 200      | 36.8      | 280        | 28                    | 925                       | 無         | ○        |          |          |

\* SMAW：被覆アーカ溶接

\*\* JIS Z3158 による割れ性評価：○は75°Cで割れ無し、×は75°Cで割れ発生

| 番号 | 鋼板記号 | *溶接方法 | C(%) | Ni(%) | O(%)  | Ceq(%) | 予熱温度(°C) | バス間温度(°C) | 入熱量(kJ/cm) | 溶着金属の硬さ(HV-15°C(J)) | 鉻接金属の韌性V(B-15°C(J)) | 継手強度(MPa) | 施工時割れの有無 | **割れ性評価 | 備考  |
|----|------|-------|------|-------|-------|--------|----------|-----------|------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|---------|-----|
| 19 | A    | MIG   | 0.06 | 3.1   | 0.025 | 0.81   | 75       | 115       | 15.2       | 320                 | 90                  | 970       | 無        | ○       |     |
| 20 | B    | "     | 0.04 | 3.2   | 0.022 | 1.19   | 85       | 155       | 18.5       | 338                 | 85                  | 966       | 無        | ○       | 適合例 |
| 21 | C    | "     | 0.07 | 3.4   | 0.039 | 1.05   | 110      | 180       | 25.5       | 293                 | 103                 | 958       | 無        | ○       |     |
| 22 | D    | "     | 0.04 | 3.9   | 0.035 | 0.85   | 115      | 220       | 29.5       | 291                 | 110                 | 967       | 無        | ○       |     |
| 23 | E    | "     | 0.06 | 3.0   | 0.025 | 0.96   | 90       | 240       | 24.5       | 315                 | 96                  | 980       | 無        | ○       |     |
| 24 | F    | "     | 0.05 | 4.0   | 0.022 | 1.15   | 80       | 210       | 17.3       | 332                 | 87                  | 977       | 有        | ×       |     |
| 25 | G    | "     | 0.05 | 3.2   | 0.027 | 0.88   | 75       | 230       | 22.4       | 315                 | 93                  | 940       | 無        | ○       |     |
| 26 | A    | "     | 0.08 | 3.2   | 0.025 | 0.81   | 100      | 115       | 15.2       | 320                 | 105                 | 951       | 有        | ×       |     |
| 27 | B    | "     | 0.06 | 2.6   | 0.022 | 1.19   | 85       | 155       | 18.5       | 338                 | 27                  | 955       | 無        | ○       |     |
| 28 | C    | "     | 0.04 | 4.5   | 0.039 | 1.05   | 95       | 180       | 25.5       | 293                 | 90                  | 960       | 有        | ×       |     |
| 29 | D    | "     | 0.07 | 3.1   | 0.015 | 1.05   | 90       | 115       | 15.2       | 301                 | 29                  | 968       | 無        | ○       |     |
| 30 | E    | "     | 0.06 | 3.2   | 0.045 | 1.05   | 75       | 155       | 18.5       | 293                 | 18                  | 952       | 無        | ○       |     |
| 31 | A    | "     | 0.04 | 3.4   | 0.025 | 0.77   | 95       | 180       | 25.5       | 280                 | 89                  | 932       | 無        | ○       |     |
| 32 | B    | "     | 0.07 | 3.1   | 0.022 | 1.26   | 115      | 180       | 15.2       | 325                 | 21                  | 951       | 無        | ○       |     |
| 33 | C    | "     | 0.06 | 3.2   | 0.039 | 0.81   | 100      | 85        | 18.5       | 340                 | 44                  | 960       | 有        | ○       |     |
| 34 | D    | "     | 0.04 | 3.4   | 0.025 | 1.19   | 95       | 270       | 25.5       | 260                 | 50                  | 941       | 無        | ○       |     |
| 35 | E    | "     | 0.07 | 3.4   | 0.022 | 1.05   | 85       | 180       | 13.5       | 365                 | 43                  | 961       | 有        | ○       |     |
| 36 | A    | "     | 0.07 | 3.4   | 0.039 | 1.05   | 115      | 115       | 32.5       | 275                 | 29                  | 944       | 無        | ○       |     |

\* MIG : ミグ溶接

\*\* JIS Z3158 による割れ性評価：○は75°Cで割れ無し、×は75°Cで割れ発生

| 番号 | 鋼板記号 | *溶接方法 | C (%) | Ni (%) | O (%) | Ceq (%) | 予熱温度(°C) | バス間温度(°C) | 入熱量(kJ/cm) | 溶着金属の硬さ(NV) -15°C(J.) | 溶接金属の耐性WES -15°C(J.) | 継手強度(MPa) | 施工時割れの有無 | * *割れ性評価 | 備考  |
|----|------|-------|-------|--------|-------|---------|----------|-----------|------------|-----------------------|----------------------|-----------|----------|----------|-----|
| 37 | A    | SAW   | 0.07  | 3.1    | 0.020 | 0.91    | 90       | 157       | 25.3       | 310                   | 94                   | 960       | 無        | ○        |     |
| 38 | B    | "     | 0.03  | 3.3    | 0.016 | 0.95    | 85       | 170       | 27.5       | 320                   | 99                   | 984       | 無        | ○        | 適合例 |
| 39 | C    | "     | 0.06  | 4.0    | 0.034 | 0.99    | 115      | 250       | 38.4       | 339                   | 110                  | 961       | 無        | ○        |     |
| 40 | D    | "     | 0.04  | 3.9    | 0.025 | 1.18    | 75       | 295       | 45.0       | 291                   | 104                  | 958       | 無        | ○        |     |
| 41 | E    | "     | 0.06  | 3.2    | 0.021 | 1.12    | 110      | 225       | 55.0       | 315                   | 96                   | 966       | 無        | ○        |     |
| 42 | F    | "     | 0.05  | 4.0    | 0.032 | 0.95    | 75       | 250       | 42.0       | 325                   | 88                   | 980       | 有        | ×        |     |
| 43 | G    | "     | 0.05  | 3.2    | 0.033 | 0.98    | 85       | 240       | 40.5       | 315                   | 92                   | 930       | 無        | ○        |     |
| 44 | A    | "     | 0.08  | 3.2    | 0.033 | 1.12    | 90       | 170       | 27.5       | 320                   | 100                  | 950       | 有        | ×        |     |
| 45 | B    | "     | 0.06  | 2.7    | 0.033 | 0.95    | 115      | 250       | 38.4       | 339                   | 24                   | 954       | 無        | ○        |     |
| 46 | C    | "     | 0.04  | 4.4    | 0.033 | 0.98    | 110      | 295       | 45.0       | 291                   | 99                   | 953       | 有        | ×        |     |
| 47 | D    | "     | 0.06  | 3.9    | 0.012 | 0.95    | 110      | 170       | 27.5       | 310                   | 31                   | 967       | 無        | ○        |     |
| 48 | E    | "     | 0.06  | 3.2    | 0.039 | 0.98    | 85       | 250       | 38.4       | 310                   | 22                   | 952       | 無        | ○        |     |
| 49 | A    | "     | 0.04  | 3.9    | 0.034 | 0.87    | 90       | 295       | 45.0       | 265                   | 89                   | 924       | 無        | ○        |     |
| 50 | B    | "     | 0.06  | 3.2    | 0.025 | 1.26    | 90       | 295       | 27.5       | 320                   | 16                   | 951       | 無        | ○        |     |
| 51 | C    | "     | 0.06  | 3.9    | 0.034 | 1.12    | 75       | 135       | 38.4       | 360                   | 36                   | 950       | 有        | ○        |     |
| 52 | D    | "     | 0.04  | 3.2    | 0.025 | 0.95    | 95       | 315       | 45.0       | 268                   | 34                   | 937       | 無        | ○        |     |
| 53 | E    | "     | 0.06  | 3.9    | 0.034 | 0.98    | 100      | 205       | 23.5       | 355                   | 45                   | 960       | 有        | ○        |     |
| 54 | A    | "     | 0.06  | 3.2    | 0.025 | 0.98    | 110      | 170       | 56.5       | 279                   | 28                   | 940       | 無        | ○        |     |

\* SAW: サブマージアーク溶接  
\*\* WES 3005に準じた多層盛りによる割れ性評価: ○は75°C割れ無し、×は75°Cで割れ発生

【0041】表3, 4, 5に示す結果から明らかなように、この発明で規定する条件通りに製造された溶接維手は、その強度が950MPa以上を満足し、かつ予熱温度が120°C未満でも耐割れ性に優れること、とりわけ予熱温度が75°Cにおいても割れの発生しないこと、がわかる。

【0042】これに対して、同じ成分組成の鋼材を用いたとしても、処理方法がこの発明の条件から外れる場合、あるいは成分がこの発明の範囲から外れた場合は、

ともに所期した性能が達成できない。

#### 【0043】

【発明の効果】この発明によれば、所定の溶接材料および鋼板を用いて適切な条件の下に溶接を行うことによって、予熱温度を低温にしても溶着金属に割れのない、かつ維手の引張り強度が950MPa以上の高強度溶接維手を安定して作製することが可能となり、産業上極めて有用な効果がもたらされる。

フロントページの続き

(51) Int.CI.<sup>7</sup> 識別記号 F I  
C 22 C 38/54 C 22 C 38/54

(56)参考文献 特開 平6-285683 (JP, A)  
特開 平8-267273 (JP, A)  
特開 平7-284987 (JP, A)  
特開 平7-276080 (JP, A)  
特開 平7-303991 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.CI.<sup>7</sup>, DB名)

B23K 9/095  
B23K 9/14  
B23K 9/23  
B23K 35/30  
C22C 38/00  
C22C 38/54